



CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN

5.1 Introducción

A lo largo de éste capítulo se desarrolla ampliamente y de manera ilustrada la metodología empleada para lograr los objetivos planteados en los primeros capítulos de éste proyecto de tesis, de los cuales se derivan dos vertientes: la elaboración de pronósticos de ventas y la elaboración de un programa de inventarios.

5.2 Pronósticos de Venta

En el capítulo dedicado al Marco Teórico se presentan los pasos que John E. Hanke recomienda para la elaboración de pronósticos. Ésta tesis sigue dicha metodología, la cual se presenta nuevamente:

1. Recopilación de datos.
2. Reducción o condensación de datos.
3. Construcción del modelo.
4. Extrapolación del modelo (el pronóstico en sí)

5.2.1 Recopilación de Datos

En Serviacerro Planos se cuenta con programas y documentos que conservan la información histórica de las ventas mensuales de todos sus productos. Es por esto que se buscó dicha información, la cual puede ser consultada en la tabla A.1 en la parte de anexos de este proyecto.



5.2.2 Reducción o condensación de datos

Los datos que se tomaron en cuenta son los presentados en la Tabla A.1 de la parte de anexos. Cabe mencionar que el proyecto con el cliente de Serviadero Planos inició el mes de Octubre del año 2004. Los registros de ventas mensuales de Octubre 2004 a Marzo de 2005, no fueron incluidos en este proyecto debido a que no se manejaba el almacén en Puebla para entregar los materiales.

5.2.3 Construcción y Extrapolación del Modelo

Los últimos pasos de éste modelo fueron desarrollados de manera conjunta. La construcción del modelo se refiere al ajustar los datos reunidos en un modelo de pronósticos que sea adecuado para minimizar el error en el pronóstico; y la extrapolación se refiere a la aplicación del mismo y a la determinación del valor pronosticado.

La construcción del modelo involucra el análisis de los datos obtenidos, ya que como se mencionó en el Marco Teórico, existen diferentes modelos de pronósticos que requieren ciertas características de los datos, como puede ser la presencia de datos aleatorios, estacionales o cíclicos.

La cantidad de datos con los que se cuenta para pronosticar las ventas es muy reducida, por lo que se hace más difícil detectar la tendencia y estacionalidad en los mismos.



Como se mencionó en el marco teórico, la tendencia de una serie de tiempo es el componente que representa el crecimiento o disminución en la serie sobre un periodo amplio, por lo que se dificulta su análisis en series de tiempo cortas.

De igual forma la estacionalidad de los datos se refiere a un patrón de cambio que se repite así mismo año tras año, por lo que al analizar los datos con los que se cuenta, se puede descartar la estacionalidad y la tendencia. Por tal motivo, los métodos que podemos aplicar en este proyecto de tesis son: Promedios Móviles, Promedios Móviles Ponderados y Suavizamiento Exponencial Simple.

Debido a esto, los datos se analizarán gráficamente para seleccionar el mejor modelo para cada uno de los trece números de parte incluidos en este trabajo de tesis. Como medida de comparación se seleccionó el MAD, como lo recomiendan Norman Gaither y Greg Fraizer en su libro “Operations Management” y Wayne L. Winston en su libro “Investigación de operaciones”

Al aplicar el método de Clasificación ABC, se obtuvo la información que se muestra en la tabla 5.2.3.1. En ésta tabla se indica que el 75% del valor del inventario está representado por 13 números de parte, a los cuales se les otorgó la categoría “A”

**Tabla 5.2.3.1** Números de parte con clasificación “A”

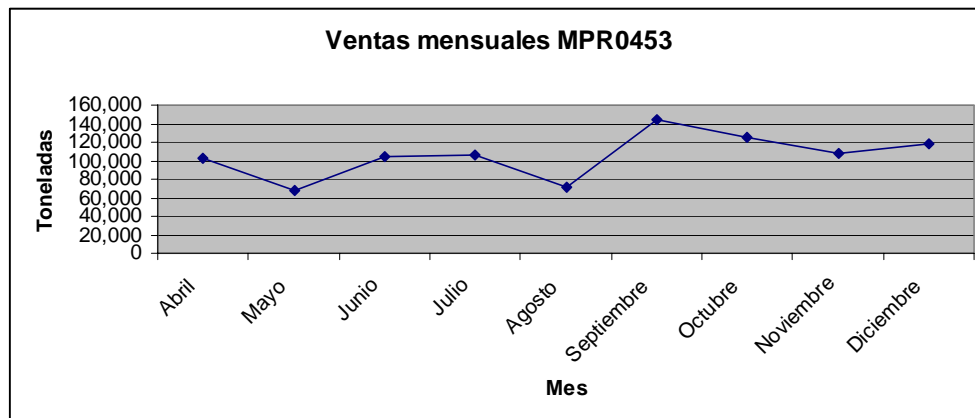
No.	No. de parte	Ventas TOTALES	Costo USD/KG	Valor del Inventario (USD)	%	% Acumulado	Clasificación
1	MPR0453	950,029	0.84	798,024	15.95%	15.95%	A
2	MPR0283	506,060	0.86	435,212	8.70%	24.64%	A
3	MPR0391	473,707	0.84	397,914	7.95%	32.59%	A
4	MPR0393	403,608	0.86	347,103	6.94%	39.53%	A
5	MPR0383	466,762	0.71	331,401	6.62%	46.15%	A
6	MPR0389	303,386	0.84	254,844	5.09%	51.24%	A
7	MPR0388	282,013	0.84	236,891	4.73%	55.98%	A
8	MPR0390	279,988	0.84	235,190	4.70%	60.68%	A
9	MPR0454	233,691	0.81	189,290	3.78%	64.46%	A
10	MPR0125	284,357	0.60	170,614	3.41%	67.87%	A
11	MPR0381	219,051	0.71	155,526	3.11%	70.98%	A
12	MPR0382	188,719	0.71	133,990	2.68%	73.65%	A
13	MPR0387	177,968	0.71	126,357	2.52%	76.18%	A

Fuente: Elaboración Propia

Se inicia por el número de parte más importante, según la clasificación ABC.

No. de parte: MPR0453

Este número de parte representa el 16% de las ventas totales mensuales del cliente en cuestión. Como se puede observar en la figura 5.2.3.1, los datos no presentan estacionalidad ni una tendencia clara.

**Figura 5.2.3.1** Ventas Mensuales MPR0453



Al aplicar el método de Promedios Móviles Simple, se encontró que el valor de “n” que reduce el MAD es n=6, como se puede observar en la tabla **5.2.3.1.1**

Tabla 5.2.3.1.1 Aplicación del Método Promedio Móvil Simple para el MPR0453

Promedio Móvil Simple									
MES	Ventas MPR0453	n=3	Abs error	n=4	Abs error	n=5	Abs error	n=6	Abs error
Abril	103.045								
Mayo	67.395								
Junio	103.512								
Julio	106.63	91.3173	15.313						
Agosto	71.982	92.5123	20.530	95.146	23.164				
Septiembre	145.136	94.0413	51.095	87.380	57.756	90.513	54.623		
Octubre	125.193	107.9160	17.277	106.815	18.378	98.931	26.262	99.6167	25.576
Noviembre	108.527	114.1037	5.577	112.235	3.708	110.491	1.964	103.3080	5.219
Diciembre	118.609	126.2853	7.676	112.710	5.900	111.494	7.115	110.1633	8.446
ENERO	(pronóstico)	117.443		124.366		113.889		112.680	
		MAD	19.578	MAD	21.781	MAD	22.491	MAD	13.0803

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se aplicó el método de Promedios Móviles Ponderados, en donde se utilizó una n=3 y n=6, resultando la ponderación n=6 (0.1,0.1, 0.1, 0.2,0.2,0.3) con el MAD más bajo, como se aprecia en la tabla **5.2.3.1.2**

Tabla 5.2.3.1.2 Aplicación del Método Promedio Móvil Ponderado para el MPR0453

Promedio Móvil Ponderado							
MES	Demanda MPR0453	n=3 (0.2,0.3,0.5)	e cuadrado	abs error	n=3 (0.3,0.3,0.4)	e cuadrado	abs error
Abril	103.045						
Mayo	67.395						
Junio	103.512						
Julio	106.63	92.5835	197.30416	14.0465	92.5368	198.618286	14.0932
Agosto	71.982	97.8476	669.02926	25.8656	93.9241	481.455752	21.9421
Septiembre	145.136	88.6824	3187.009	56.4536	91.8354	2840.95396	53.3006
Octubre	125.193	115.4886	94.175379	9.7044	111.638	183.738025	13.555
Noviembre	108.527	120.5337	144.16084	12.0067	115.2126	44.6972474	6.6856
Diciembre	118.609	120.8486	5.0158082	2.2396	124.5095	34.8159003	5.9005
ENERO		116.901			117.560		
		MAD=		20.05273333	MAD=		19.2462
MES	Demanda MPR0453	n=6 (0.1,0.1, 0.1, 0.2,0.2,0.3)	e cuadrado	abs error	n=6 (0.1,0.1,0.2, 0.2,0.2,0.2)	e cuadrado	abs error
Abril	103.045						
Mayo	67.395						
Junio	103.512						
Julio	106.63						
Agosto	71.982						
Septiembre	145.136						
Octubre	125.193	106.6584	343.5314	18.5346	102.496	515.153809	22.697
Noviembre	108.527	108.7352	0.0433472	0.2082	106.8789	2.71623361	1.6481
Diciembre	118.609	114.8363	14.233265	3.7727	111.1818	55.1632998	7.4272
ENERO		114.702			117.354		
		MAD=		7.505166667	MAD=		10.5908

Fuente: Elaboración Propia

Por último, se aplicó el método de Suavizamiento Exponencial Simple mediante el uso del programa Minitab 14; el cual nos ayuda a determinar el valor de alpha que minimiza el MAD. En la **Figura 5.2.3.2** se muestran la gráfica. Los resultados son los siguientes:

**Single Exponential Smoothing for MPR0453**

Data MPR0453
Length 9

Smoothing Constant

Alpha 0.01

Accuracy Measures

MAPE 19.551
MAD 19.267
MSD 562.804

Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
10	100.156	52.9529	147.360

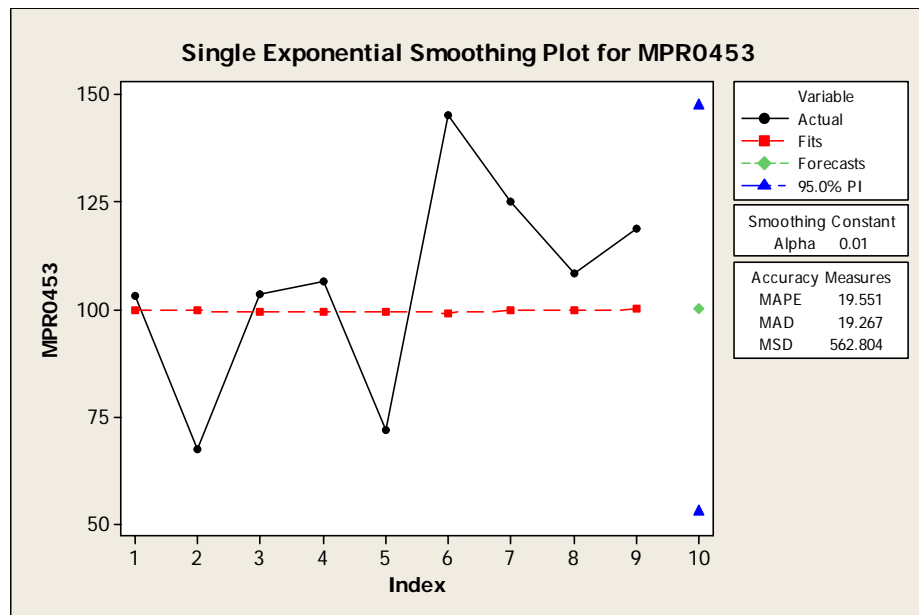


Figura 5.2.3.2 Suavizamiento Exponencial Simple No. de parte MPR0453



A manera de resumen, en la tabla **Tabla 5.2.3.1.3** se pueden observar los resultados de los tres métodos utilizados para pronosticar las ventas del mes de enero para el no. de parte MPR0453.

Tabla 5.2.3.1.3 Resultados de los tres métodos para el MPR0453

Promedio Movil Simple					Suavizamiento Exponencial		Promedio Movil Ponderado	
N	3	4	5	6	MAD	alfa =	n=6 (0.1,0.1,0.1, 0.2,0.2,0.3)	n=6 (0.1,0.1,0.2, 0.2,0.2,0.2)
MAD	19.578	21.781	22.491	13.080	19.267	0.01	7.505	10.591

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla 5.2.3.1.3, el método que reduce el MAD para los datos del no. de parte MPR0453 es el de Promedio Móvil Ponderado, con un MAD de 7.505, el cual arroja un pronóstico para el mes de Enero de 114.702 toneladas.

Para el resto de los materiales incluidos en este estudio, se presentan únicamente las tablas con el resumen de la aplicación de los tres métodos. La descripción completa se encuentra en el apartado de anexos al final de este proyecto de tesis.

No. de parte: MPR0283

Éste número de parte es el segundo en importancia por el alto volumen de ventas y el costo del mismo, el cual representa el 8.7% de las ventas de Serviacero para el cliente en estudio. Como se puede observar en la figura 5.2.3.3, los datos no presentan estacionalidad ni una tendencia clara.

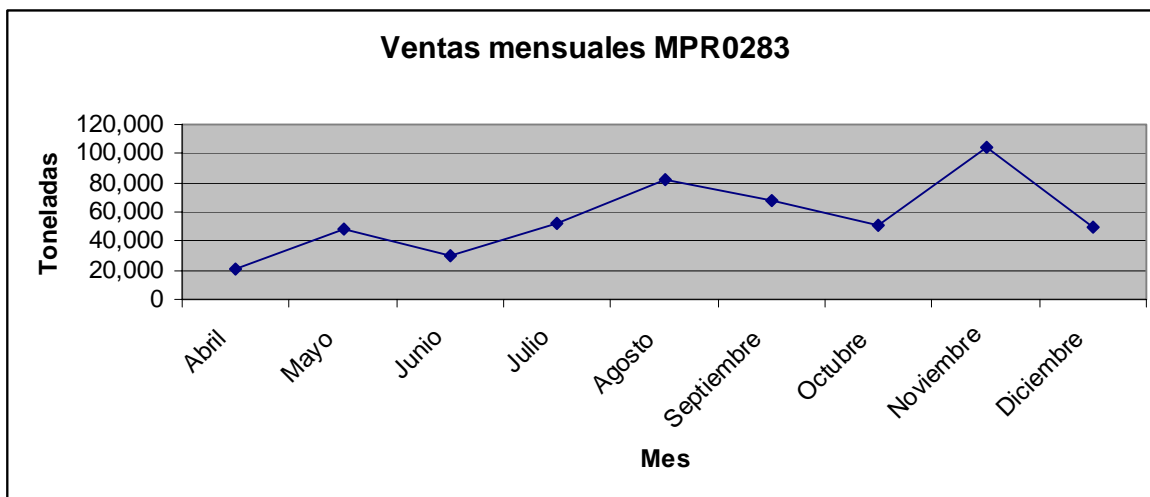


Figura 5.2.3.3 Ventas mensuales MPR0283

Los resultados de la aplicación de los tres métodos de pronósticos se incluyen en la **Tabla 5.2.3.1.4**; en donde se observa que el **Suavizamiento Exponencial Simple** obtiene el mejor MAD, con un alfa igual a 0.3155, lo que nos da como pronóstico para enero un valor de 64.4699 toneladas.

Tabla 5.2.3.1.4 Resultados de los tres métodos para el MPR0283

Promedio Movil Simple					Suavizamiento Exponencial		Promedio Movil Ponderado	
N	3	4	5	6	MAD	alfa =	n=6 (0.1,0.1,0.1, 0.2,0.2,0.3)	n=6 (0.1,0.1,0.2,0.2,0.2,0.2)
MAD	24.848	26.593	23.913	21.739	21.350	0.315596	24.589	22.541

Fuente: Elaboración Propia



No. de parte: MPR0391

Las ventas mensuales para éste número de parte se observan en la figura 5.2.3.4, en la que no se distingue la presencia de datos estacionales o con tendencia marcada.

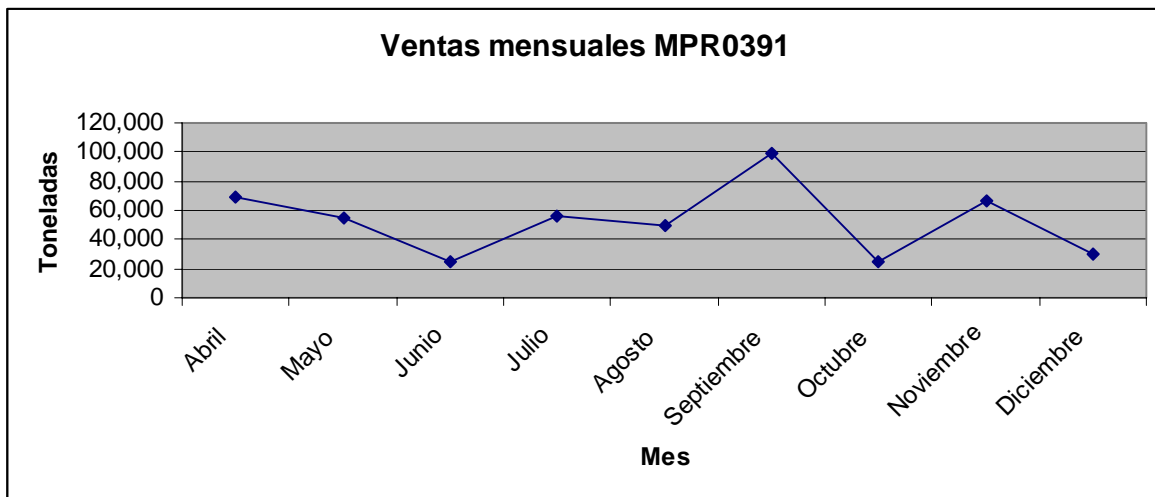


Figura 5.2.3.4 Ventas mensuales MPR0391

Al aplicar los diferentes métodos, se obtuvieron los datos que se presentan en la **Tabla 5.2.3.1.5**; en donde se observa que nuevamente el Suavizamiento Exponencial Simple obtuvo el MAD más pequeño con un valor de 19.711 (alfa=0.0912).

Tabla 5.2.3.1.5 Resultados de los tres métodos para el MPR0391

Promedio Movil Simple					Suavizamiento Exponencial		Promedio Movil Ponderado	
N	3	4	5	6	MAD	alfa =	n=6 (0.1,0.1,0.1, 0.2,0.2,0.3)	n=6 (0.1,0.1,0.2, 0.2,0.2,0.2)
MAD	25.564	25.377	31.469	24.187	19.711	0.0912357	28.176	24.063

Fuente: Elaboración Propia



No. de parte: MPR0393

En la figura 5.2.3.5 se muestran los datos de las ventas mensuales para el MPR0393, cuarto número de parte en la clasificación ABC. Al igual que los primeros materiales, no se observa estacionalidad o tendencia en los datos.

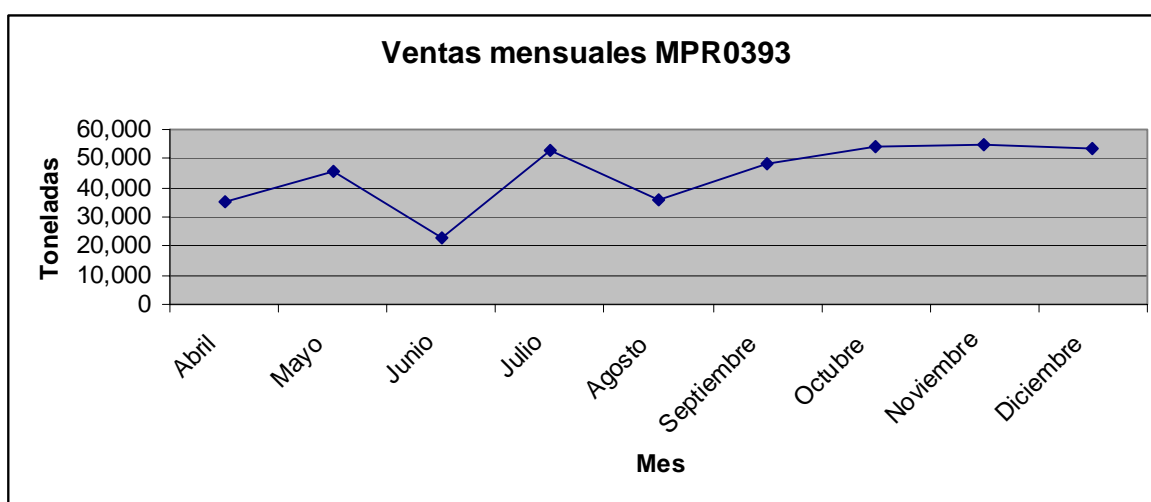


Figura 5.2.3.5 Ventas mensuales MPR0393

Los resultados de la aplicación de los métodos de pronósticos se dan a conocer en la **Tabla 5.2.3.1.6**, en donde el método que reduce el MAD (7.830) es **Promedio Móvil Simple** con una $n=4$.

Tabla 5.2.3.1.6 Resultados de los tres métodos para el MPR0393

Promedio Movil Simple					Suavizamiento Exponencial		Promedio Movil Ponderado	
N	3	4	5	6	MAD	alfa =	n=6 (0.1,0.1,0.1, 0.2,0.2,0.3)	n=6 (0.1,0.1,0.2, 0.2,0.2,0.2)
MAD	8.828	7.830	9.834	11.455	9.860	0.29	8.894	10.417

Fuente: Elaboración Propia

No. de parte: MPR0383

Las ventas del no. de parte MPR0383 no presentan estacionalidad ni una tendencia clara, como se muestra en la 5.2.3.6.

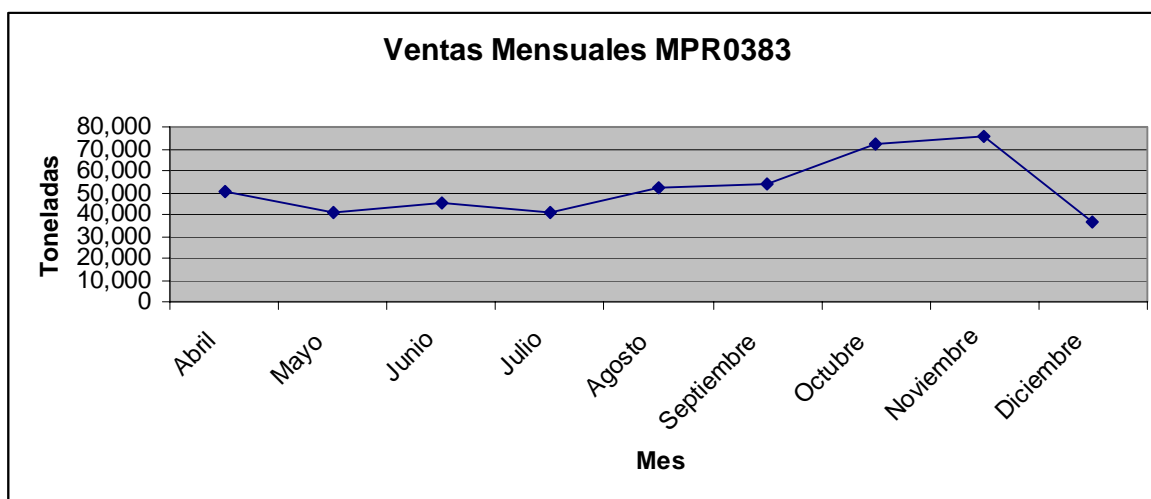


Figura 5.2.3.6 Ventas mensuales MPR0383

Después de aplicar los tres métodos de pronósticos propuestos, se seleccionó el Suavizamiento Exponencial Simple, debido a que es el método que genera el menor MAD (11.445). Como se puede apreciar en la tabla 5.2.3.1.7, el alfa es de 0.230.

Tabla 5.2.3.1.7 Resultados de los tres métodos para el MPR0383

Promedio Movil Simple					Suavizamiento Exponencial		Promedio Movil Ponderado	
N	3	4	5	6	MAD	alfa =	n=6 (0.1,0.1,0.1, 0.2,0.2,0.3)	n=6 (0.1,0.1,0.2, 0.2,0.2,0.2)
MAD	15.407	17.724	19.597	23.081	11.445	0.230	22.821	23.385

Fuente: Elaboración Propia



No. de parte: MPR0389

En la Figura 5.2.3.7 se muestran gráficamente los datos de las ventas para el MPR0389, en la cual se puede apreciar la inexistencia de datos estacionales o con tendencia.

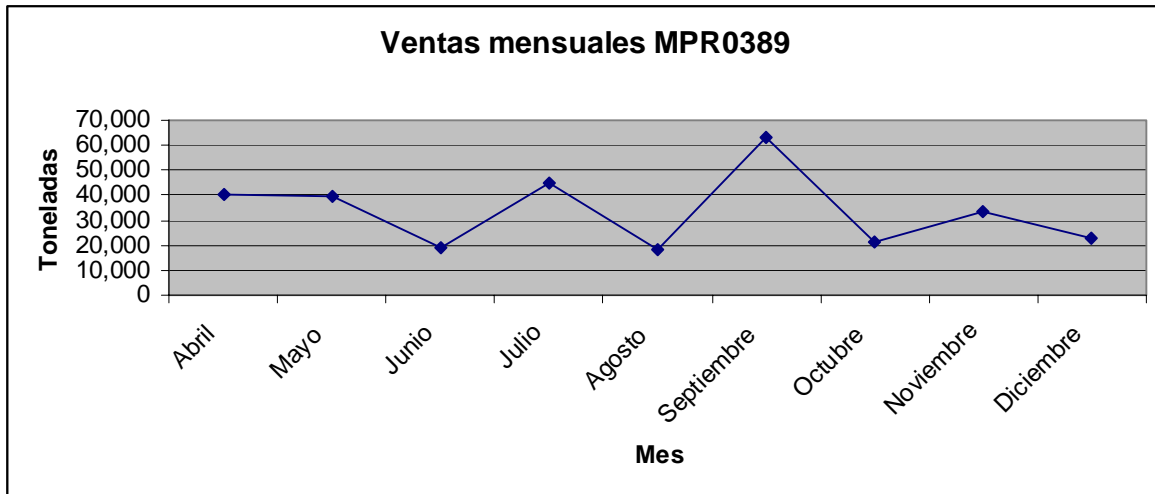


Figura 5.2.3.7 Ventas mensuales MPR0389

Una vez aplicados los tres métodos, se obtuvieron los resultados de la Tabla 5.2.3.1.8, en la que se puede observar que los Promedios Móviles nos permiten reducir el MAD a un valor de 9.228 con una N=6.

Tabla 5.2.3.1.8 Resultados de los tres métodos para el MPR0389

Promedio Movil Simple					Suavizamiento Exponencial		Promedio Movil Ponderado	
N	3	4	5	6	MAD	alfa =	n=6 (0.1,0.1,0.1, 0.2,0.2,0.3)	n=6 (0.1,0.1,0.2, 0.2,0.2,0.2)
MAD	16.821	15.884	14.972	9.228	12.417	0.12	11.128	9.480

Fuente: Elaboración Propia



No. de parte: MPR0388

Los datos graficados de las ventas del no. de parte MPR0388 se incluyen en la Figura 5.2.3.8, en la cual se puede deducir que no presentan estacionalidad ni tendencia notorias.

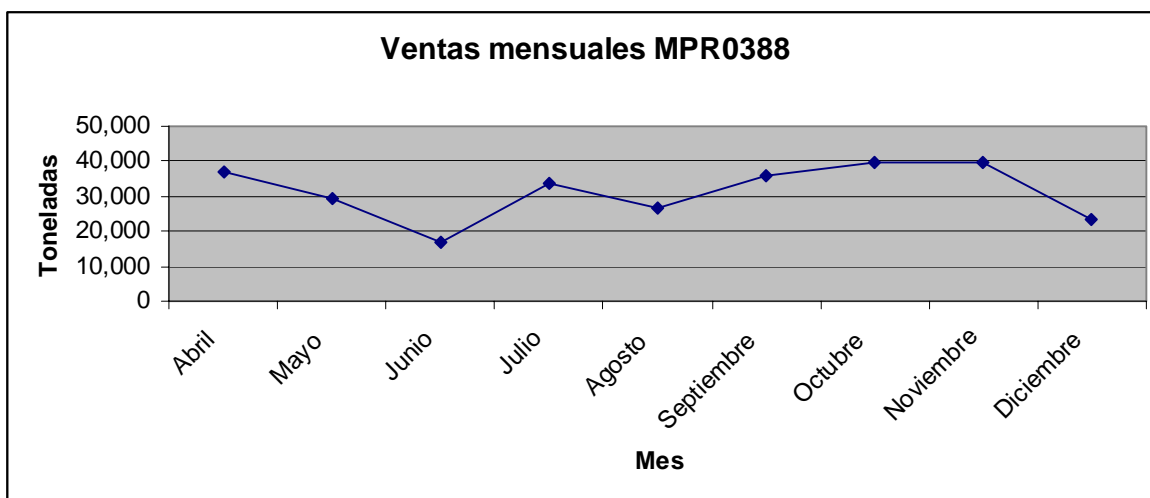


Figura 5.2.3.8 Ventas mensuales MPR0388

Los resultados de la aplicación de los métodos de pronósticos se dan a conocer en la **Tabla 5.2.3.1.9**, en donde el método que reduce el MAD (6.960) es Suavizamiento Exponencial Simple con un $\alpha = 0.15$.

Tabla 5.2.3.1.9 Resultados de los tres métodos para el MPR0388

Promedio Movil Simple					Suavizamiento Exponencial		Promedio Movil Ponderado	
N	3	4	5	6	MAD	alfa =	n=6 (0.1,0.1,0.1, 0.2,0.2,0.3)	n=6 (0.1,0.1,0.2, 0.2,0.2,0.2)
MAD	7.368	8.057	9.712	9.179	6.960	0.15	8.959	9.351

Fuente: Elaboración Propia



No. de parte: MPR0390

En la Figura 5.2.3.9 se muestran gráficamente los datos de las ventas para el MPR0390, en la cual se puede apreciar la inexistencia de datos estacionales o con alguna tendencia.

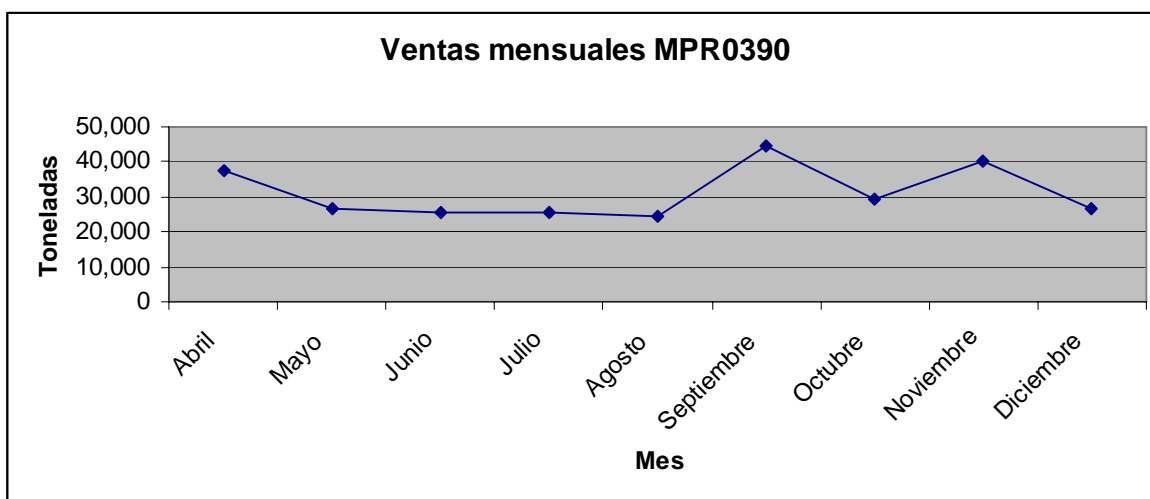


Figura 5.2.3.9 Ventas mensuales MPR0390

Después de aplicar los tres métodos de pronósticos propuestos, se seleccionó el Suavizamiento Exponencial Simple, debido a que es el método que genera el menor MAD (7.021). Como se puede apreciar en la tabla 5.2.3.1.10, el alfa es de 0.16.

Tabla 5.2.3.1.10 Resultados de los tres métodos para el MPR0390

Promedio Movil Simple					Suavizamiento Exponencial		Promedio Movil Ponderado	
N	3	4	5	6	MAD	alfa =	n=6 (0.1,0.1,0.1, 0.2,0.2,0.3)	n=6 (0.1,0.1,0.2, 0.2,0.2,0.2)
MAD	7.368	8.057	9.712	9.179	7.021	0.16	8.959	9.351

Fuente: Elaboración Propia



No. de parte: MPR0454

En la Figura 5.2.3.10 se muestran gráficamente los datos de las ventas para el MPR0454, en la cual se puede apreciar la inexistencia de datos estacionales o con alguna tendencia.

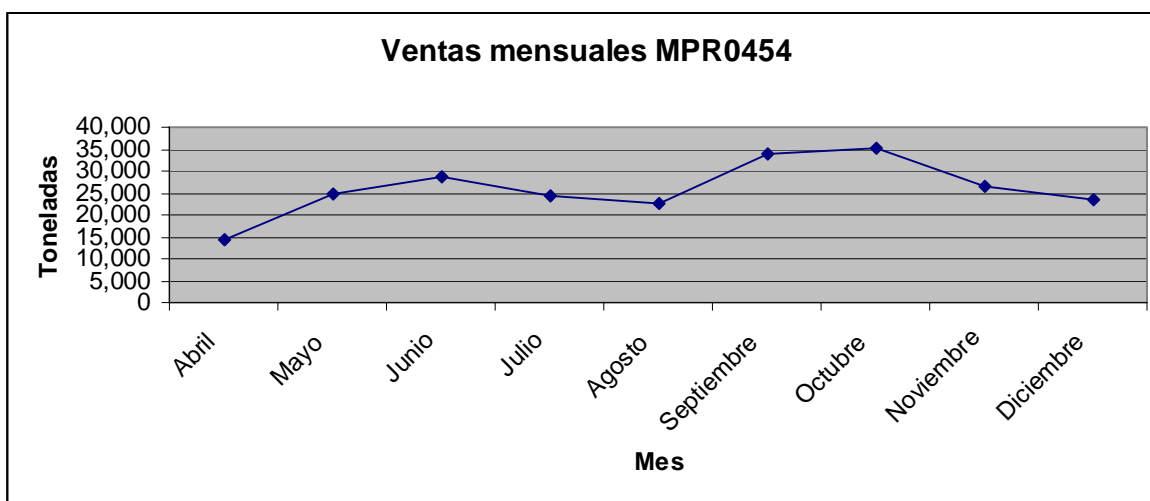


Figura 5.2.3.10 Ventas mensuales MPR0454

Los resultados de la aplicación de los métodos de pronósticos se dan a conocer en la **Tabla 5.2.3.1.11**, en donde el método que reduce el MAD (4.178) es Suavizamiento Exponencial Simple con un alfa = 1.92.

Tabla 5.2.3.1.11 Resultados de los tres métodos para el MPR0454

Promedio Movil Simple					Suavizamiento Exponencial		Promedio Movil Ponderado	
N	3	4	5	6	MAD	alfa =	n=6 (0.1,0.1,0.1, 0.2,0.2,0.3)	n=6 (0.1,0.1,0.2, 0.2,0.2,0.2)
MAD	5.723	5.109	6.632	5.701	4.178	1.92	5.941	5.598

Fuente: Elaboración Propia



No. de parte: MPR0125

Los datos graficados de las ventas del no. de parte MPR0125 se incluyen en la Figura 5.2.3.11, en la cual se puede deducir que no presentan estacionalidad ni tendencia notorias.

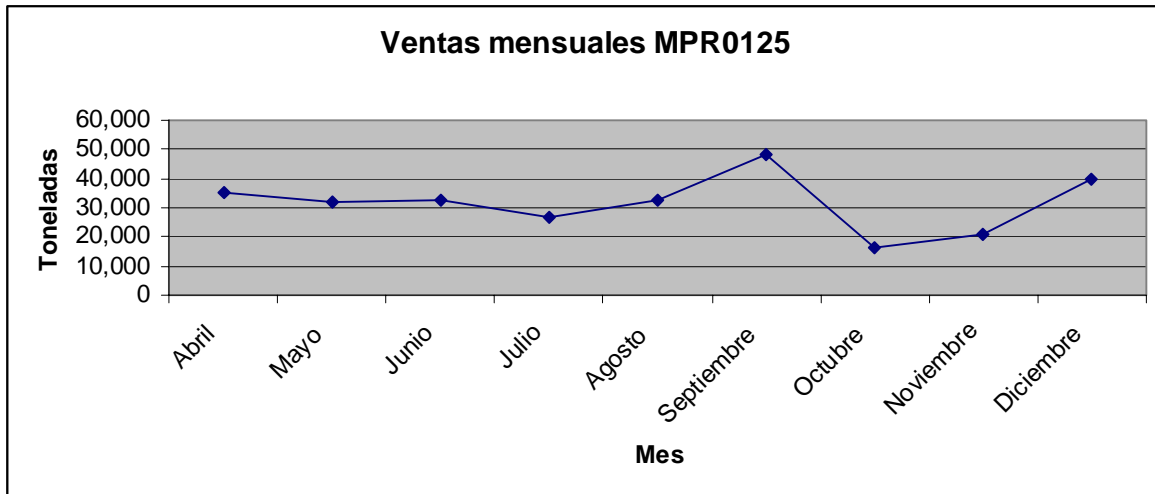


Figura 5.2.3.11 Ventas mensuales MPR0125

Los resultados de la aplicación de los métodos de pronósticos se dan a conocer en la **Tabla 5.2.3.1.12**, en donde el método que reduce el MAD (8.064) es Suavizamiento Exponencial Simple con un $\alpha = 0.15$.

Tabla 5.2.3.1.12 Resultados de los tres métodos para el MPR0125

Promedio Movil Simple					Suavizamiento Exponencial		Promedio Movil Ponderado	
N	3	4	5	6	MAD	alfa =	n=6 (0.1,0.1,0.1, 0.2,0.2,0.3)	n=6 (0.1,0.1,0.2, 0.2,0.2,0.2)
MAD	11.366	11.391	13.935	13.072	8.064	0.15	13.600	13.075

Fuente: Elaboración Propia



No. de parte: MPR0381

En la Figura 5.2.3.12 se muestran gráficamente los datos de las ventas para el MPR0381, en la cual se puede apreciar la inexistencia de datos estacionales o con alguna tendencia.

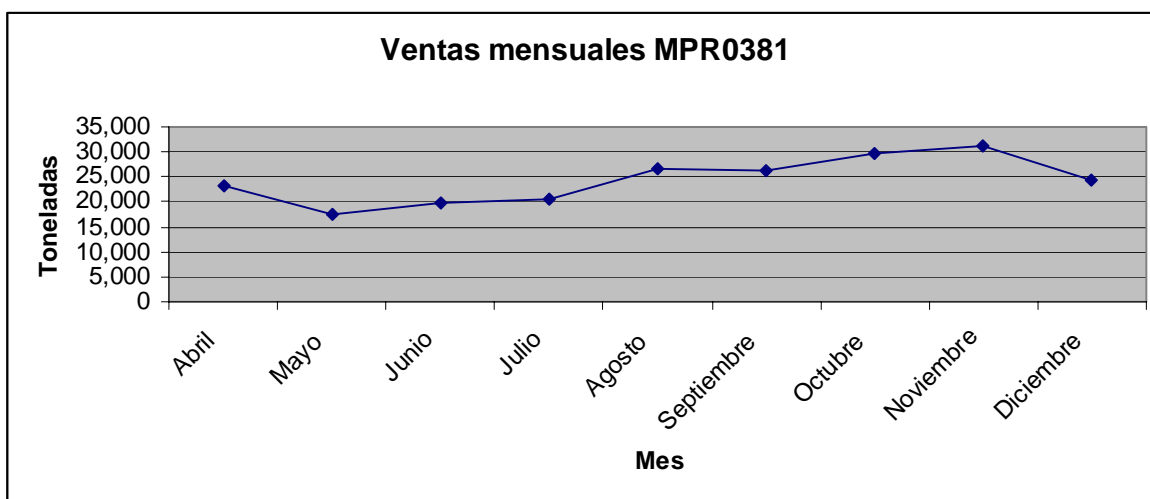


Figura 5.2.3.12 Ventas mensuales MPR0381

Una vez aplicados los tres métodos, se obtuvieron los resultados de la **Tabla 5.2.3.1.13**, en la que se puede observar que el Suavizamiento Exponencial Simple nos ofrece el menor MAD (3.063) con un alfa de 0.790.

Tabla 5.2.3.1.13 Resultados de los tres métodos para el MPR0381

Promedio Movil Simple					Suavizamiento Exponencial		Promedio Movil Ponderado	
N	3	4	5	6	MAD	alfa =	n=6 (0.1,0.1,0.1, 0.2,0.2,0.3)	n=6 (0.1,0.1,0.2, 0.2,0.2,0.2)
MAD	4.170	5.414	5.298	5.414	3.063	0.79	4.968	5.330

Fuente: Elaboración Propia



No. de parte: MPR0382

Las ventas del no. de parte MPR0382 no presentan estacionalidad ni una tendencia clara, como se muestra en la **5.2.3.13**

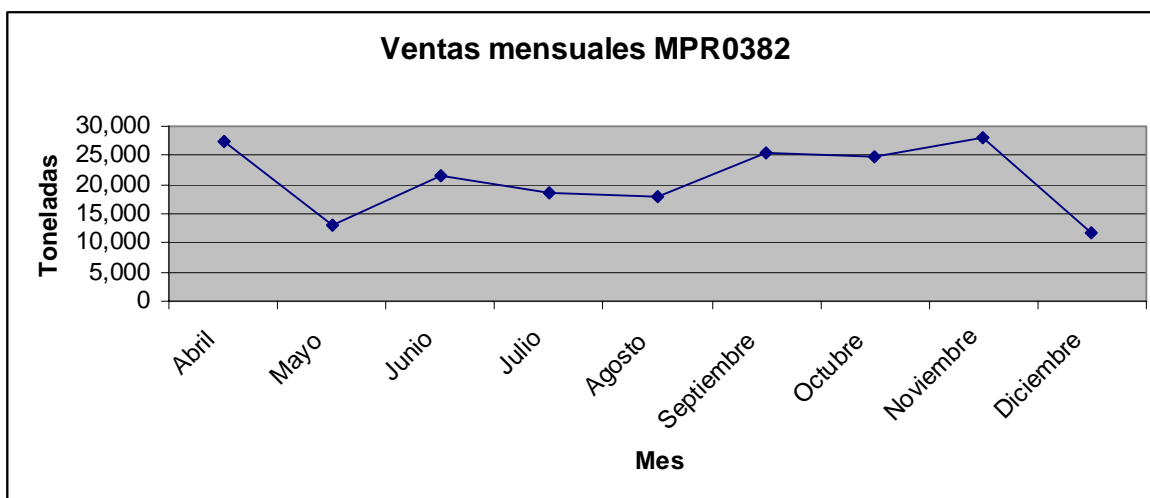


Figura 5.2.3.13 Ventas mensuales MPR0382

Después de aplicar los tres métodos de pronósticos propuestos, se seleccionó el Suavizamiento Exponencial Simple, debido a que es el método que genera el menor MAD (5.234). Como se puede apreciar en la tabla **5.2.3.1.14**, el alfa es de **0.16**.

Tabla 5.2.3.1.14 Resultados de los tres métodos para el MPR0382

Promedio Movil Simple					Suavizamiento Exponencial		Promedio Movil Ponderado	
N	3	4	5	6	MAD	alfa =	n=6 (0.1,0.1,0.1, 0.2,0.2,0.3)	n=6 (0.1,0.1,0.2, 0.2,0.2,0.2)
MAD	5.329	6.427	7.160	7.588	5.234	0.16	7.540	7.541

Fuente: Elaboración Propia



No. de parte: MPR0387

Los datos graficados de las ventas del no. de parte MPR0387 se incluyen en la Figura 5.2.3.14, en la cual se puede deducir que no presentan estacionalidad ni tendencia notorias.

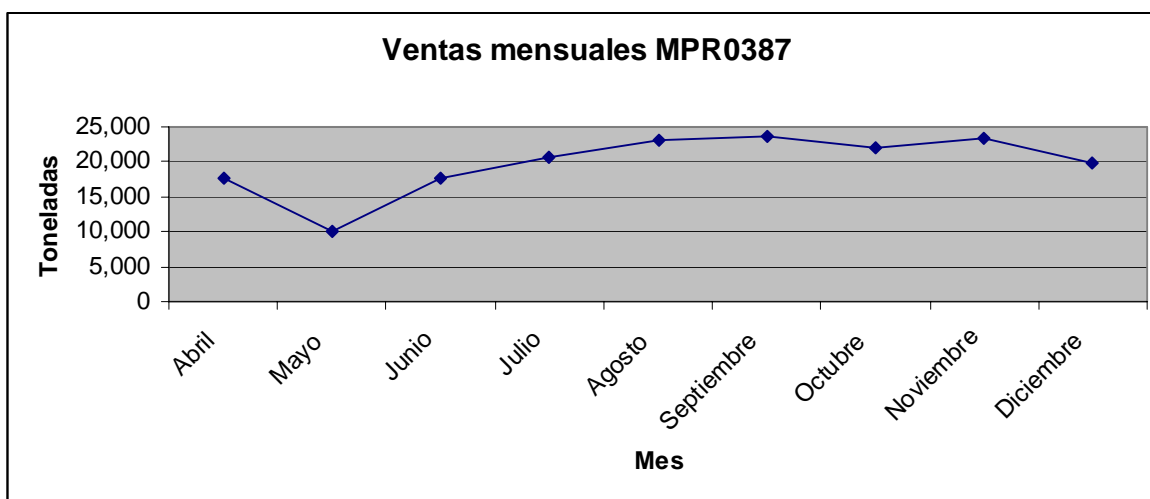


Figura 5.2.3.14 Ventas mensuales MPR0387

Una vez aplicados los tres métodos, se obtuvieron los resultados de la **Tabla 5.2.3.1.15**, en la que se puede observar que el Promedio Móvil Ponderado con la ponderación $n=6$ (0.1,0.1,0.1, 0.2,0.2,0.3) nos ofrece el menor MAD (2.320).

Tabla 5.2.3.1.15 Resultados de los tres métodos para el MPR0387

Promedio Movil Simple					Suavizamiento Exponencial		Promedio Movil Ponderado	
N	3	4	5	6	MAD	alfa =	n=6 (0.1,0.1,0.1, 0.2,0.2,0.3)	n=6 (0.1,0.1,0.2, 0.2,0.2,0.2)
MAD	3.326	3.516	3.456	3.083	3.332	0.63	2.320	2.555

Fuente: Elaboración Propia



Una vez terminados los pronósticos de venta para el mes de enero de cada número de parte, se realizó una concentrado para analizar esta información, la cual se presenta en la tabla

5.2.3.1.16.

Tabla 5.2.3.1.16 Pronóstico de Venta para enero

No.	No. de parte / mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Metodologia
1	MPR0453	103.045	67.395	103.512	106.63	71.982	145.136	125.193	108.527	118.609	114.7015	Promedio Móvil Ponderado
2	MPR0283	20.607	48.719	29.842	52.548	81.87	67.777	51.312	104.14	49.245	64.4699	Suavizamiento Exponencial
3	MPR0391	69.465	54.237	24.334	55.923	49.494	99.75	24.577	66.109	29.818	55.3563	Suavizamiento Exponencial
4	MPR0393	35.106	45.723	22.952	53.066	35.673	48.386	54.238	54.759	53.705	52.772	Promedio Móvil Simple
5	MPR0383	50.106	41.033	44.904	40.458	51.966	53.851	71.974	75.522	36.948	54.1291	Suavizamiento Exponencial
6	MPR0389	40.699	39.69	19.096	44.9	18.508	62.801	21.268	33.718	22.706	33.9835	Promedio Móvil Simple
7	MPR0388	36.77	29.293	16.802	33.853	26.834	35.803	39.478	39.698	23.482	32.1302	Suavizamiento Exponencial
8	MPR0390	37.237	26.599	25.659	25.391	24.288	44.493	29.448	40.177	26.696	31.9555	Suavizamiento Exponencial
9	MPR0454	14.309	24.824	28.644	24.143	22.474	33.734	35.331	26.682	23.55	22.2441	Suavizamiento Exponencial
10	MPR0125	35.47	31.912	32.65	26.764	32.292	48.027	16.003	21.165	40.074	30.6388	Suavizamiento Exponencial
11	MPR0381	23.043	17.678	19.826	20.68	26.602	26.361	29.506	31.109	24.246	25.5873	Suavizamiento Exponencial
12	MPR0382	27.394	13.157	21.487	18.654	18.075	25.464	24.689	28.048	11.751	21.2625	Suavizamiento Exponencial
13	MPR0387	17.779	10.096	17.535	20.684	23.002	23.641	22.065	23.456	19.71	21.7499	Promedio Móvil Ponderado

Fuente: Elaboración Propia



5.3 Modelos de Inventarios

Existen diferentes modelos de inventarios que se pueden desarrollar dependiendo de las condiciones que se presenten para cada situación. Como se mencionó en el Marco Teórico, hay modelos determinísticos y probabilísticos, de los cuales se desprenden para los dos casos modelos de revisión continua y de revisión periódica.

5.3.1 Modelos Determinísticos de Revisión Continua

Los modelos mas utilizados de este tipo son los EOQ o modelos de lote económico del cual se desprenden muchas variantes.

Para poder usar modelos EOQ, es necesario que la demanda sea constante. Este requerimiento se puede verificar mediante el Coeficiente de Variación, el cual se describió ampliamente en el Marco Teórico. Ésta medición nos indica que el valor obtenido debe ser menor o igual a 0.20 para que se determine que la demanda es constante, como lo indica Wayne L. Winston en su libro “Investigación de Operaciones”

En la tabla 5.3.1, se puede comprobar que el Coeficiente de variación de los trece números de parte con clasificación “A” NO es menor a 0.20 para todos los casos, por lo que NO se puede determinar que su demanda es constante.



Tabla 5.3.1 Coeficientes de Variación

No.	No. de parte / mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media	Varianza	CV
1	MPR0453	103.045	67.395	103.512	106.63	71.982	145.136	125.193	108.527	118.609	105.559	525.168	0.2010
2	MPR0283	20.607	48.719	29.842	52.548	81.87	67.777	51.312	104.14	49.245	56.229	577.154	0.0974
3	MPR0391	69.465	54.237	24.334	55.923	49.494	99.75	24.577	66.109	29.818	52.634	535.186	0.0983
4	MPR0393	35.106	45.723	22.952	53.066	35.673	48.386	54.238	54.759	53.705	44.845	111.576	0.4019
5	MPR0383	50.106	41.033	44.904	40.458	51.966	53.851	71.974	75.522	36.948	51.862	165.500	0.3134
6	MPR0389	40.699	39.69	19.096	44.9	18.508	62.801	21.268	33.718	22.706	33.710	197.408	0.1708
7	MPR0388	36.77	29.293	16.802	33.853	26.834	35.803	39.478	39.698	23.482	31.335	54.377	0.5762
8	MPR0390	37.237	26.599	25.659	25.391	24.288	44.493	29.448	40.177	26.696	31.110	50.046	0.6216
9	MPR0454	14.309	24.824	28.644	24.143	22.474	33.734	35.331	26.682	23.55	25.966	34.919	0.7436
10	MPR0125	35.47	31.912	32.65	26.764	32.292	48.027	16.003	21.165	40.074	31.595	81.539	0.3875
11	MPR0381	23.043	17.678	19.826	20.68	26.602	26.361	29.506	31.109	24.246	24.339	17.950	1.3559
12	MPR0382	27.394	13.157	21.487	18.654	18.075	25.464	24.689	28.048	11.751	20.969	31.715	0.6612
13	MPR0387	17.779	10.096	17.535	20.684	23.002	23.641	22.065	23.456	19.71	19.774	16.408	1.2052

Fuente: Elaboración Propia

Se encontraron 4 números de parte con CV por debajo de 0.20, para los cuales se aplicarán los modelos EOQ. El primer modelo y el más sencillo es el EOQ Básico. Como se mencionó en el Marco Teórico; éste modelo tiene las siguientes suposiciones:

1. Es posible estimar la demanda.
2. Cuando se hace un pedido de cualquier tamaño, se incurre en un costo de pedido y organización.
3. El tiempo de espera de cada pedido es cero.
4. No se permite escasez.
5. No existen descuentos por cantidad.



Estas condiciones no aplican a la situación actual de la empresa, debido a que el tiempo de espera para cada pedido no es cero, al igual que la escasez de material está presente. Por tal motivo es método es descartado para aplicarse en este proyecto.

El siguiente modelo es el EOQ con descuentos por cantidad, el cual tiene que cumplir con los siguientes supuestos:

1. Es posible estimar la demanda, el costo de almacenar y el costo de pedir de un material.
2. No hay existencia de seguridad, los pedidos se reciben todo a la vez, y los materiales se utilizan a una tasa constante y al llegar el siguiente pedido se ha utilizado el total del inventario.
3. No son de consecuencia ni los faltantes de inventario, ni la sensibilidad hacia el cliente ni otros costos.
4. Si existen descuentos por cantidad.

Al igual que el modelo EOQ Básico, este modelo no aplica para las condiciones actuales de Serviadero, debido a que no se considera un stock de seguridad y a que no se toman en cuenta los costos por escasez de material.



Existe otro modelo EOQ que pertenece a los sistemas de periodo fijo de pedido, el cual recibe el nombre de “Período Económico de Pedido”. Éste modelo requiere que se cumpla con las siguientes suposiciones:

1. Es posible estimar la demanda anual, el costo de mantenimiento y el costo de pedido y de material.
2. El inventario promedio es el tamaño promedio de pedido dividido entre dos. Esto implícitamente supone que no hay existencia de seguridad, que los pedidos se reciben todo de una vez, que los materiales se utilizan a una tasa uniforme y que en promedio los materiales se agotan cuando se recibe el siguiente pedido.
3. Se consideran inconsecuentes los faltantes de almacén, la sensibilidad a los clientes y otros costos.
4. No existe descuento por cantidad.

Nuevamente este modelo de inventario no satisface los requerimientos de Serviaceró por lo que también se descarta.

5.3.2 Modelos Probabilísticos con Revisión Periódica

Debido a que los modelos EOQ anteriormente mencionados no aplicaron, se analizan los dos modelos probabilísticos para encontrar el que satisfaga las necesidades de Serviaceró.



Como se detalló en el Marco Teórico, los modelos probabilísticos de Revisión Periódica son:

Modelo 1: Establecimiento de una existencia de seguridad a niveles de servicio para una Demanda Durante el Lead Time (DDLT) de Distribución Normal.

Modelo 2: Establecimiento de niveles de existencia de seguridad para niveles de servicio para un plazo de entrega constante y una demanda distribuida normalmente.

La suposición más importante de ambos modelos es que los datos se distribuyen normalmente. Para esto se utilizó el programa ARENA para determinar los valores propios para la aplicación de los modelos.

Los resultados de ARENA para cada número de parte se muestran a continuación:

No. de parte: MPR0453

Distribution: Normal

Expression: NORM(106, 22.9)

Square Error: 0.091124

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.234

Corresponding p-value > 0.15

No. de parte: MPR0283

Distribution: Normal

Expression: NORM(56.2, 24)

Square Error: 0.073414

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.228

Corresponding p-value > 0.15

**No. de parte: MPR0391**

Distribution: Normal

Expression: NORM(52.6, 23.1)

Square Error: 0.060389

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.174

Corresponding p-value > 0.15

No. de parte: MPR0393

Distribution: Normal

Expression: NORM(52.6, 23.1)

Square Error: 0.060389

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.174

Corresponding p-value > 0.15

No. de parte: MPR0383

Distribution: Normal

Expression: NORM(51.9, 12.9)

Square Error: 0.101013

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.231

Corresponding p-value > 0.15

No. de parte: MPR0389

Distribution: Normal

Expression: NORM(33.7, 14.1)

Square Error: 0.119806

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.236

Corresponding p-value > 0.15

No. de parte: MPR0388

Distribution: Normal

Expression: NORM(31.3, 7.37)

Square Error: 0.093133

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.189

Corresponding p-value > 0.15

No. de parte: MPR0390

Distribution: Normal

Expression: NORM(31.1, 7.07)

Square Error: 0.207438

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.299

Corresponding p-value > 0.15

**No. de parte: MPR0454**

Distribution: Normal

Expression: NORM(26, 5.91)

Square Error: 0.060988

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.163

Corresponding p-value > 0.15

No. de parte: MPR0125

Distribution: Normal

Expression: NORM(31.6, 9.03)

Square Error: 0.061617

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.162

Corresponding p-value > 0.15

No. de parte: MPR0381

Distribution: Normal

Expression: NORM(24.3, 4.24)

Square Error: 0.042757

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.156

Corresponding p-value > 0.15

No. de parte: MPR0382

Distribution: Normal

Expression: NORM(21, 5.63)

Square Error: 0.073983

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.178

Corresponding p-value > 0.15

Una vez determinados los valores de la media, desviación estándar y el error utilizados, los dos modelos se probaron para analizar los resultados obtenidos y así compararlos con los niveles que se manejan actualmente.

Los resultados que arrojó el modelo 1 después de la aplicación de la formulas respectivas se muestran en la tabla 5.3.2.1.

**Tabla 5.3.2.1** Resultados del Modelo 1

No. de parte	Media	Desviación Estándar	R=	SS=
MPR0453	105.56	22.92	143.14	37.58
MPR0283	56.23	24.02	95.63	39.40
MPR0391	52.63	23.13	90.57	37.94
MPR0393	44.85	10.56	62.17	17.32
MPR0383	51.86	12.86	72.96	21.10
MPR0389	33.71	14.05	56.75	23.04
MPR0388	31.33	7.37	43.43	12.09
MPR0390	31.11	7.07	42.71	11.60
MPR0454	25.97	5.91	35.66	9.69
MPR0125	31.60	9.03	46.40	14.81
MPR0381	24.34	4.24	31.29	6.95
MPR0382	20.97	5.63	30.20	9.24
MPR0387	19.77	4.05	26.42	6.64

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados se compararon con los tamaños de pedido que se manejan actualmente y se encontró que el valor de R está muy alejado de los valores que se manejan actualmente, como se puede ver en la tabla 5.3.2.2.

Estos resultados tienen valores muy altos, ya que están por arriba de la demanda mensual. Con esto se puede determinar que al aplicar este modelo se generarán altos costos de inventario si se aplicaran los puntos de reabastecimiento que arroja el modelo.

Se descarta este modelo debido a que la política de la empresa no autoriza el mantener inventario por mas de 30 días.

**Tabla 5.3.2.2** Resultados del Modelo 1 vs. Punto de reorden real

No. de parte	R=	Punto de Reorden Actual
MPR0453	143.14	30.00
MPR0283	95.63	30.00
MPR0391	90.57	15.00
MPR0393	62.17	15.00
MPR0383	72.96	20.00
MPR0389	56.75	15.00
MPR0388	43.43	15.00
MPR0390	42.71	15.00
MPR0454	35.66	9.00
MPR0125	46.40	15.00
MPR0381	31.29	10.00
MPR0382	30.20	10.00
MPR0387	26.42	10.00

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se utilizó el modelo 2 que se mencionó en el Marco Teórico, el cual incluye la aplicación de un tiempo de entrega. Se emplearon las fórmulas correspondientes para verificar los resultados y compararlos con los puntos de reorden actuales. Los valores utilizados son los mostrados en la tabla 5.3.2.3, los cuales fueron proporcionados por el departamento comercial de la empresa.

Tabla 5.3.2.3 Valores utilizados en el Modelo 2

Z =	(0.95)	1.64
LT=	Lead Time (meses)	0.1666
Costo de preparación	1.5	USD
costo de mantener	0.3	USD/mes
costo por faltante	50	USD/mes
nivel de seguridad	0.95	

Fuente: Elaboración propia



Una vez aplicados estos valores en las fórmulas correspondientes se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 5.3.2.4.

Tabla 5.3.2.4 Resultados del Modelo 2 vs. Punto de reorden real

No. de parte	EDDLT	σ_{DDLT}	Q	R	SS=	Punto de Reorden Actual
MPR0453	17.59	9.35	32.59	32.93	15.34	30.00
MPR0283	9.37	9.81	23.78	25.45	16.08	30.00
MPR0391	8.77	9.44	23.01	24.25	15.49	15.00
MPR0393	7.47	4.31	21.24	14.54	7.07	15.00
MPR0383	8.64	5.25	22.84	17.25	8.61	20.00
MPR0389	5.62	5.73	18.42	15.02	9.41	15.00
MPR0388	5.22	3.01	17.75	10.16	4.94	15.00
MPR0390	5.18	2.89	17.69	9.92	4.74	15.00
MPR0454	4.33	2.41	16.16	8.28	3.96	9.00
MPR0125	5.26	3.69	17.83	11.31	6.04	15.00
MPR0381	4.05	1.73	15.65	6.89	2.84	10.00
MPR0382	3.49	2.30	14.52	7.26	3.77	10.00
MPR0387	3.29	1.65	14.10	6.01	2.71	10.00

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 5.3.2.4 los resultados que arrojó el modelo 2 son muy parecidos a los que la empresa utiliza actualmente.

Para verificar que los resultados obtenidos representan un beneficio para la empresa, se comparan los costos que genera el mantener el nivel de inventarios con la metodología actual y con la metodología propuesta.



Los costos que se generan con la actual metodología se presentan en la tabla 5.3.2.5.

Tabla 5.3.2.5 Costos que genera el método actual

No. de parte	Punto de Reorden Actual	Cantidad Real Requerida por el cliente	Diferencia	Costo x Inventario	Costo TOTAL (diferencia x costo inventario)
MPR0453	50.00	31.50	18.50	0.84	15.5
MPR0283	30.00	17.50	12.50	0.86	10.8
MPR0391	25.00	16.00	9.00	0.84	7.6
MPR0393	30.00	14.00	16.00	0.86	13.8
MPR0383	25.00	15.00	10.00	0.71	7.1
MPR0389	15.00	10.00	5.00	0.84	4.2
MPR0388	15.00	9.80	5.20	0.84	4.4
MPR0390	15.00	8.60	6.40	0.84	5.4
MPR0454	12.00	7.30	4.70	0.81	3.8
MPR0125	15.00	10.00	5.00	0.60	3.0
MPR0381	10.00	6.00	4.00	0.71	2.8
MPR0382	10.00	6.00	4.00	0.71	2.8
MPR0387	15.00	6.50	8.50	0.71	6.0
SUMA					87.2 USD

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en tabla 5.3.2.5, se incluye el punto de reorden actual y la demanda real del cliente durante el tiempo de entrega. Posteriormente se calcula la diferencia del punto de reorden actual menos la cantidad real y se multiplica por el costo del inventario en dólares. Finalmente se calcula el costo total del inventario siendo este de 87.2 USD.



Posteriormente se realiza el mismo procedimiento, ahora con la aplicación de la metodología propuesta. Los resultados se muestran en la tabla 5.3.2.6

Tabla 5.3.2.6 Costos que genera el método propuesto

No. de parte	Punto de reorden propuesto	Cantidad Real Requerida por el cliente	Diferencia	Costo x Inventario	Costo TOTAL (diferencia x costo inventario)
MPR0453	32.93	31.50	1.43	0.84	1.20
MPR0283	25.45	17.50	7.95	0.86	6.84
MPR0391	24.25	16.00	8.25	0.84	6.93
MPR0393	14.54	14.00	0.54	0.86	0.47
MPR0383	17.25	15.00	2.25	0.71	1.60
MPR0389	15.02	10.00	5.02	0.84	4.22
MPR0388	10.16	9.80	0.36	0.84	0.30
MPR0390	9.92	8.60	1.32	0.84	1.11
MPR0454	8.28	7.30	0.98	0.81	0.80
MPR0125	11.31	10.00	1.31	0.60	0.78
MPR0381	6.89	6.00	0.89	0.71	0.63
MPR0382	7.26	6.00	1.26	0.71	0.90
MPR0387	6.01	6.50	-0.49	0.71	-0.35
SUMA				25.42 USD	

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 5.3.2.6, el costo de mantener el inventario es de 25.42 USD. Esto significa que hay un ahorro de 61.78 USD ($87.2 - 25.42$) al reducir el tamaño del punto de reorden.